

热处理, 淬火, 保温时间

54-5)

热处理淬火保温时间探讨

明道田(钢研所)

TG156.3

试样心部达到指定温度所需时间 表1

钢号	试样尺寸 mm	指定温度 °C	试样心部达到指定温度 所需时间(分,秒)
45	φ25×180	770	5分45秒
45	φ25×180	840	5分
45	φ25×180	900	4分40秒
45	φ25×180	950	4分25秒
30Cr	φ25×180	770	6分20秒
30Cr	φ25×180	840	5分10秒
30Cr	φ25×180	900	4分50秒
30Cr	φ25×180	950	4分25秒
45	φ50×180	840	13分30秒
45	φ50×180	900	8分5秒
30Cr	φ50×180	840	13分55秒
30Cr	φ50×180	900	8分20秒

1. 前言

确定钢的淬火保温时间,一般都根据试样(工件)的有效厚度用经验公式算出。随着现代科学的进步和发展,这些传统的加热时间概念和经验公式,有待进一步研究和完善。目前,许多从事热处理工作的同志都在积极探讨这一课题。《金属热处理》、《物理测试》曾刊登过这方面内容的文章;冶金部物理测试情报网热处理专业组开展过《热处理淬火保温时间》的专题讨论,取得了一些成绩。本文选择箱式碳硅棒炉、盐浴炉淬火保温时间;试样经“零保温淬火”后的金相组织和性能;试样心部达到指定温度所需时间等问题进行讨论。

2. 试验方法与结果

2.1 试样心部加热到指定温度所需时间

将30Cr与45钢均加工成φ25×180mm和φ50×180mm两种试样毛坯。在试样中心部沿钢材纵向钻直径为φ10mm、深90mm的孔洞。盐浴炉加热时,孔洞内插入铂铑-铂热电偶,用辅助导线联接“LZ₅”函数记录仪,测量试样在不同的加热温度下,心部温度达到指定温度时所需要的时间。试验结果见表1。

表1的试验数据表明:试样从入炉到心部达到指定温度所需时间,随试样尺寸的加大而延长,随指定温度的升高而缩短,随钢种的不同而出现差别。

2.2 不同的淬火保温时间所对应的性能

45钢、18Cr₂Ni₄WA在KO-11型硅碳棒炉加热,装炉量6~8根。试样入炉后,待表面颜色与炉中硅碳棒颜色一致时(一般15分钟),开始计算保温时间,然后依次空冷。空淬后18Cr₂Ni₄WA再进行200℃180分钟空冷回火。18Cr₂Ni₄WA钢的所有试样取自同一根钢材,试样尺寸为φ15×180mm,试验结果见表2,45钢试样尺寸为φ25×180mm,正火保温时间分别为0分钟~120分钟。试验结果见表3。

40Cr、G20CrNi₂MoA在盐浴炉中加热。试样尺寸均为φ25×180mm。G20CrNi₂MoA每根钢材切取两个试样,代号分别为1#和2*,凡1*试样采用0分钟保温,2*试样分别采用不同保温时间。淬火后再经200℃180分钟空冷回火。试验结果见表2。40Cr柴油淬火,530℃60分钟水冷回火,试验结果见

表3。

G20CrNi2Mo、18Cr2Ni4WA钢经不同保温时间淬火后的机械性能

表2

钢号	试样尺寸 mm	试样号	热 处 理 工 艺	δ_b MPa	σ_s MPa	δ %	ψ %	α_k J/cm ²		
G20CrNi2Mo	$\phi 25$	1*	900°C 820°C 0' 柴油200°C180' 空冷	1029	—	17	57.5	171		
		2*	900°C 820°C 5' 柴油200°C180' 空冷	1137	—	13	55	165		
		1*	900°C 820°C 0' 柴油200°C180' 空冷	980	—	13	55.5	186		
		2*	900°C 820°C 10' 柴油200°C180' 空冷	1078	—	14	59	144		
		1*	900°C 820°C 0' 柴油200°C180' 空冷	1049	—	16	55.5	162		
		2*	900°C 820°C 20' 柴油200°C180' 空冷	1166	—	13	57	142		
		1*	900°C 820°C 0' 柴油200°C180' 空冷	1127	—	15	56	174		
		2*	900°C 850°C 60' 柴油200°C180' 空冷	1245	—	12	61.5	150		
		18Cr2Ni4WA	$\phi 15$		950°C 850°C 0' 空冷200°C180' 空冷	1166 1127	833 774	15.5 15	53 58	183 183
					950°C 850°C 5' 空冷200°C130' 空冷	1225 1245	912 882	16 15	58 59.5	183 183
					950°C 850°C 10' 空冷200°C180' 空冷	1294 1274	980 980	15 15	65 59.5	183 171
					950°C 850°C 20' 空冷200°C180' 空冷	1284 1274	1000 980	14.5 14.5	60 60	171 169
	950°C 850°C 80' 空冷200°C180' 空冷			1294 1314	1147 1078	14.5 15	62.5 62.5	183 171		

40Cr、45钢经不同保温时间淬火后的机械性能

表3

钢号	试样尺寸 mm	热 处 理 工 艺	δ_b MPa	σ_s MPa	δ %	ψ %	α_k J/cm ²		
40Cr	$\phi 25$	860°C 0' 柴油530°C60' 水冷	1088 1088	1000 1010	14 13	58 57	103 99		
		860°C 5' 柴油530°C60' 水冷	1088 1088	1000 1000	15 14	55 57	99 99		
		860°C 10' 柴油530°C60' 水冷	1088 1078	990 990	15 16	57 58	99 86		
		860°C 20' 柴油530°C60' 水冷	1078 1078	990 990	16 14	56 55	94 100		
		860°C 60' 柴油530°C60' 水冷	1078 1078	990 980	14 13.5	56 55	102 103		
		45钢	$\phi 25$	820°C 0' 空冷	608 617	333 353	28 29	58 57	
				820°C 10' 空冷	637 627	402 392	28 29	55.5 56.5	
				820°C 120' 空冷	647 637	402 402	27 30	54 55	

从表2可知, 18Cr₂Ni₄WA随淬火保温时间的延长, σ_b 、 σ_s 逐渐增加, a_k 有所降低, 当淬火保温时间 ≥ 10 分钟, σ_b 稳定在1274Mpa~1314Mpa, σ_s 远远超出了指标要求, 其它性能良好。G20CrNi2MoA同样随保温时间的延长, σ_b 逐渐增加, δ 逐渐降低, 当淬火保温时间 ≥ 5 分钟时, σ_b 稳定在1078Mpa~1245Mpa, 其它性能良好。表2的结果还表明: “零保温淬火”影响低碳合金钢18Cr₂Ni₄WA、G20CrNi₂MoA的 σ_b 、 σ_s , 即钢的淬火强化效果受到了影响。

从表3的试验数据可以看出: 40Cr钢保温0分钟淬火同保温5分钟~60分钟淬火的机械性能基本相同, 说明中碳合金钢40Cr完全可以进行“零保温淬火”, 而不会影响它的性能指标。当45钢正火温度一定, 保温时间为0分钟、5分钟的试样, σ_b 、 σ_s 偏低, 当保温时间 ≥ 10 分钟时, σ_b 、 σ_s 稳定在627Mpa~647Mpa, 其它性能指标配合良好。即使正火保温时间延长到120分钟, 45钢的机械性能也没有发生任何变化。表明45钢经820℃加热, 只需保温10分钟就可以出炉空冷。

2.3 不同淬火保温时间所对应的淬火组织

选择40Cr、18Cr₂Ni₄WA作为试验钢号。40Cr在盐浴炉加热, 柴油淬火; 18Cr₂Ni₄WA在箱式炉加热, 空淬。

40Cr、18Cr₂Ni₄WA的淬火前后试样尺寸 表4

钢种	淬火前试样尺寸 mm	淬火后试样尺寸 mm
40Cr	$\phi 16 \times 19$	$\phi 16 \times 8$
18Cr ₂ Ni ₄ Wb	$\phi 25 \times 29$	$\phi 25 \times 13$

沿淬火试样长度的 $\frac{1}{2}$ 处切开, 经磨制、抛光、腐蚀, 然后在500倍光学显微镜下观察金相组织。结果见表5。

3. 分析与结论

确定试样的淬火保温时间必须保证,

(1) 试样内、外温度均匀一致; (2) 奥氏体均匀化; (3) 相变完成(此过程很短); (4) 奥氏体晶粒不得长大; (5) 费用低。这五个条件中的关键是奥氏体均匀化过程, 亦即碳化物的溶解和扩散。日本的大和久重雄认为, 钢在淬火加热过程中只需20%~30%的过剩碳化物的溶解就足够了^[6]。在实际热处理时, 试样从室温被加热到指定温度的过程中, 其碳化物溶解量远远超过了20%~30%; 美国的贝茵指出: 球化后的含碳为1.0%的钢, 加热到870℃时, 10秒钟碳化物就溶解了大约80%, 但30分钟还不足以使其全部溶解。实际上, 在870℃保温一小时后, 还有很少一点最大的碳化物被残留下来。奥氏体均匀化的过程实际上是很慢的, 不过, 幸而最后的均匀化是不太重要的^[1]。

文献^[2]指出: 对低、中碳钢及低合金钢, 可采用快速加热淬火工艺, 即预先将炉温升至高于淬火所需的温度100℃~200℃, 然后将零件或试样装炉并停止供热、供电, 当炉温下降到淬火温度时, 继续开始供热、供电

不同保温时间淬火的金相组织 表5

钢种	热处理工艺	淬火组织
40Cr	860℃ 0' 柴油	马氏体+少量铁素体
	860℃ 5' 柴油	马氏体+少量铁素体
	860℃ 10' 柴油	均匀马氏体组织
	860℃ 20' 柴油	均匀马氏体组织
	860℃ 40' 柴油	马氏体
	60℃ 60' 柴油	粗大马氏体组织
18Cr ₂ Ni ₄ WA	950℃ 0' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	850℃ 0' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	950℃ 5' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	850℃ 5' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	950℃ 10' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	850℃ 10' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	950℃ 20' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
	850℃ 20' 空冷	隐晶马氏体+碳化物
950℃ 40' 空冷	隐晶马氏体+碳化物	
850℃ 40' 空冷	隐晶马氏体+碳化物	
950℃ 60' 空冷	隐晶马氏体+碳化物	
850℃ 60' 空冷	隐晶马氏体+碳化物	

控制温度,待零件烧透后取出淬火。这种热处理工艺对零件心部而言可谓“零保温淬火”。对于高碳高合金钢,采用短时加热淬火,可以适当控制高碳钢淬火加热时奥氏体中碳含量(使奥氏体的固溶碳量大为减少)淬火后得到以板条马氏体(一般表现为隐晶马氏体)为主的淬火组织。减少片状马氏体可能造成的脆性,使钢在保持高硬度的同时还具备良好的韧性。此种方法常在工、模具钢、零件热处理中使用。

如果从工件的表面和内部都成为一样火色时算起,则一般钢材(碳钢和合金钢等)保温时间为零即可。就是说,可以在工件普遍地、均匀地达到奥氏体化温度之后,立即进行淬火冷却^[3]。这一结论,在前面的试验中得到了部份验证。如40Cr钢在淬火、回火温度相同的情况下,无论淬火保温时间是0分钟还是60分钟,其机械性能几乎完全一样(表3)。40Cr淬火前的原始组织,一般为退火组织(球光体)或常化组织(索氏体)。860℃淬火后为马氏体+少量铁素体(表5),经530℃60分钟水冷回火后,淬火马氏体转变为回火索氏体。机械性能完全相同,表明淬火保温时间的长(60分钟)短(0分钟)未影响40Cr钢淬火后的主要组织形态及它在钢中的相对含量。证明钢的奥氏体均匀化——碳化物的溶解和扩散,足以保证40Cr钢强韧化的需求。

18Cr2Ni4WA、G20CrNi2MoA的试验结果则是另外一种情况。即钢的 σ_b 、 σ_s 随淬火保温时间的延长而增加。当淬火保温时间 ≥ 10

分钟(箱式炉)或 ≥ 5 分钟(盐浴炉), σ_s 稳定在某一水平之内。18Cr2Ni4WA、G20CrNi2MoA属于低碳合金钢,淬火后,G20CrNi2MoA得到板条马氏体;18Cr2Ni4WA得到以板条马氏体为主的混合组织——隐晶马氏体。由于含碳量低,淬火加热保温0分钟,则含W碳化物(18Cr2Ni4WA)和含Mo碳化物(G20CrNi2MoA)溶解量少,扩散不充分,以致奥氏体中的碳元素和合金元素含量低于钢中平均含量,影响钢的淬透性,降低了马氏体的强度和硬度。仅就机械性能而言,18Cr2Ni4WA、G20CrNi2MoA不宜实行“零保温淬火”。

4. 结论

4.1 钢淬火加热时,试样心部达到指定温度所需时间,随钢种、毛坯尺寸、加热温度的不同而出现差别;随着加热温度的升高,合金钢与碳钢的这种时间差别越来越小。

4.2 中碳合金钢40Cr在加热时,保温时间为0分钟~60分钟的淬火组织均为马氏体,机械性能完全相同,可以实行“零保温淬火”工艺;低碳合金钢18Cr2Ni4WA在加热时,分别保温0分钟~60分钟的淬火组织均为隐晶马氏体+碳化物,但性能出现差别,不宜实行“零保温淬火”。

4.3 钢在盐浴炉加热,淬火保温时间应由传统的15分钟缩短为5分钟;钢在箱式炉加热,淬火保温时间应由30分钟缩短为10分钟。

本文的试验工作,曾得到当时任检验室主任谢亚庆高工的大力支持和帮助,于光前高工参与了部分试验工作,特致诚挚谢意!

参 考 文 献

- (1) E.C.贝茵H.W.,帕克斯顿,钢中的合金元素,北京,中国工业出版社,1966,97—104
- (2) 雷廷权,傅家麟,热处理工艺方法300种,北京,中国农业机械出版社,1984,70—73
- (3) 大和久重雄,钢及其热处理简明基础,北京,机械工业出版社,1985,105—107
- (4) 北京内燃机配件厂,零保温试验结果,金属热处理,1985,(3),10—
- (5) 大和久重雄,加热时间温度再吟味,金属材料,1974,(9),5—7